

# Capítulo 2

## O clima no Bioma Cerrado

*Luciana Duque Silva<sup>1</sup>*

*Fabiana Gonçalves Bastos<sup>2</sup>*

*Hellen Patricia Pecchi Leite<sup>2</sup>*

*Luis Valentino Freire<sup>2</sup>*

*Antonio Rioyei Higa<sup>3</sup>*

*Daniel de Castro Victoria<sup>4</sup>*

O Bioma Cerrado está localizado na região central da América do Sul e, sua grande extensão territorial leva a existência de diferentes condições de solo e clima. Também conta com padrões climáticos sazonais (estação seca e estação úmida) que variam em intensidade, conforme a região e o período do ano (SETTE, 2005).

O clima predominante no Bioma Cerrado é o tropical sazonal com invernos secos. A temperatura média anual fica em torno de 22°C e 23°C, as temperaturas máximas absolutas mensais não variam muito ao longo dos meses do ano, podendo chegar a mais de 40°C. Já as temperaturas mínimas podem variar bastante (MARCUIZZO et al., 2012) dependendo da região. Em relação às chuvas, a precipitação média no bioma varia entre 1.200 mm a

1.800 mm e concentra-se nas estações quentes (primavera e verão). Mesmo nos períodos chuvosos podem ocorrer curtos períodos de seca, denominados de veranicos. Em geral, a estação seca (inverno) apresenta de 3 a 5 meses de duração (SETTE, 2005), tornando a restrição hídrica, o principal fator limitante para o desenvolvimento das plantações florestais no Bioma Cerrado.

### 1. Mudanças Climáticas

O que tem se visto ao longo dos anos é que esses padrões climáticos não estão se repetindo, sendo possível observar alterações do clima principalmente na temperatura média e no ciclo hidrológico (IPCC, 2007; MORENGO et

---

[1] Professora da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

[2] Engº Florestal pela Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

[3] Professor da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

[4] Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária.

al., 2015). Projeções climáticas apontam que mudanças no clima, como as que estão ocorrendo atualmente, irão ocorrer ainda mais, podendo aumentar também a frequência de eventos climáticos extremos. Isso evidencia que, as informações, que retratam os padrões das variações climáticas dessa região em análise, descritas em literatura, podem não se repetir ou então, ocorrer em períodos diferentes do retratado pelo histórico climático.

Para minimizar esse problema, já no primeiro contato entre a equipe técnica do projeto com os produtores rurais, foram levantadas questões relacionadas ao histórico silvicultural, às condições climáticas do período de cultivo e características dos solos em que a plantação se localizava. Outra informação coletada era relacionada com a expectativa dos produtores na continuidade e/ou expansão da área de cultivo florestal nas propriedades.

A mudança do clima foi uma das grandes preocupações apontadas por eles, quando o assunto era sobre os problemas enfrentados ao longo do período de cultivo e a possibilidade de investir em novas plantações florestais. De acordo com os produtores, mesmo quando a escolha da espécie/ clone e o planejamento das operações silviculturais foram realizadas considerando o histórico dos dados climáticos, a maioria se surpreendeu, principalmente pela mudança da precipitação média anual, pela distribuição de chuvas ao longo do ano e pela maior duração dos períodos secos.

Para conhecer com mais detalhes a magnitude e os possíveis efeitos das mudanças relacionadas ao clima, ao

longo do período de desenvolvimento das plantações florestais amostradas, as informações climáticas desse período foram confrontadas com o histórico climático.

## **2. Informações climáticas avaliadas no Projeto SiFlor Cerrado**

O planejamento das prospecções de campo do Projeto SiFlor Cerrado teve como princípio amostrar locais com características climáticas distintas, nas áreas de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil. As Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6 foram baseadas na série temporal de 1970-2000 (FICK;HIJMANS, 2017(WORLDCCLIM)) e na base de dados compilada pela equipe do Projeto SiFlor Cerrado, para o período de cultivo das plantações florestais amostradas em campo.

Com o objetivo de melhor representar esses dados e observar como ocorreram essas mudanças no clima, conforme citado pelos produtores, foram comparados os dados históricos, com os dados meteorológicos corresponde ao mesmo período de desenvolvimento das plantações amostradas em suas respectivas regiões. Isso significa que para alguns locais, como é o caso de alguns municípios localizados no sul do Bioma Cerrado, onde há antigas plantações de *Pinus* sp, o período temporal considerado foi maior quando comparado ao de outras regiões, em que somente houve amostragem em cultivos florestais mais jovens, como plantações de espécies de eucalipto com até sete anos de idade.

A Figura 1 ilustra as informações levantadas sobre a precipitação média anual na região de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil. Na Figura 1 (A), pode ser observado que, quanto mais intenso o tom de verde, maior foi o aumento da precipitação média anual no local; ao mesmo tempo em que, as áreas com tons amarelo aver-

melhado e vermelho, se referem aos locais em que a precipitação foi inferior ao normal. Com base na análise desta figura é possível verificar que a maior parte do Bioma Cerrado teve redução na precipitação média anual durante o período de desenvolvimento dos cultivos das espécies/clones amostradas.

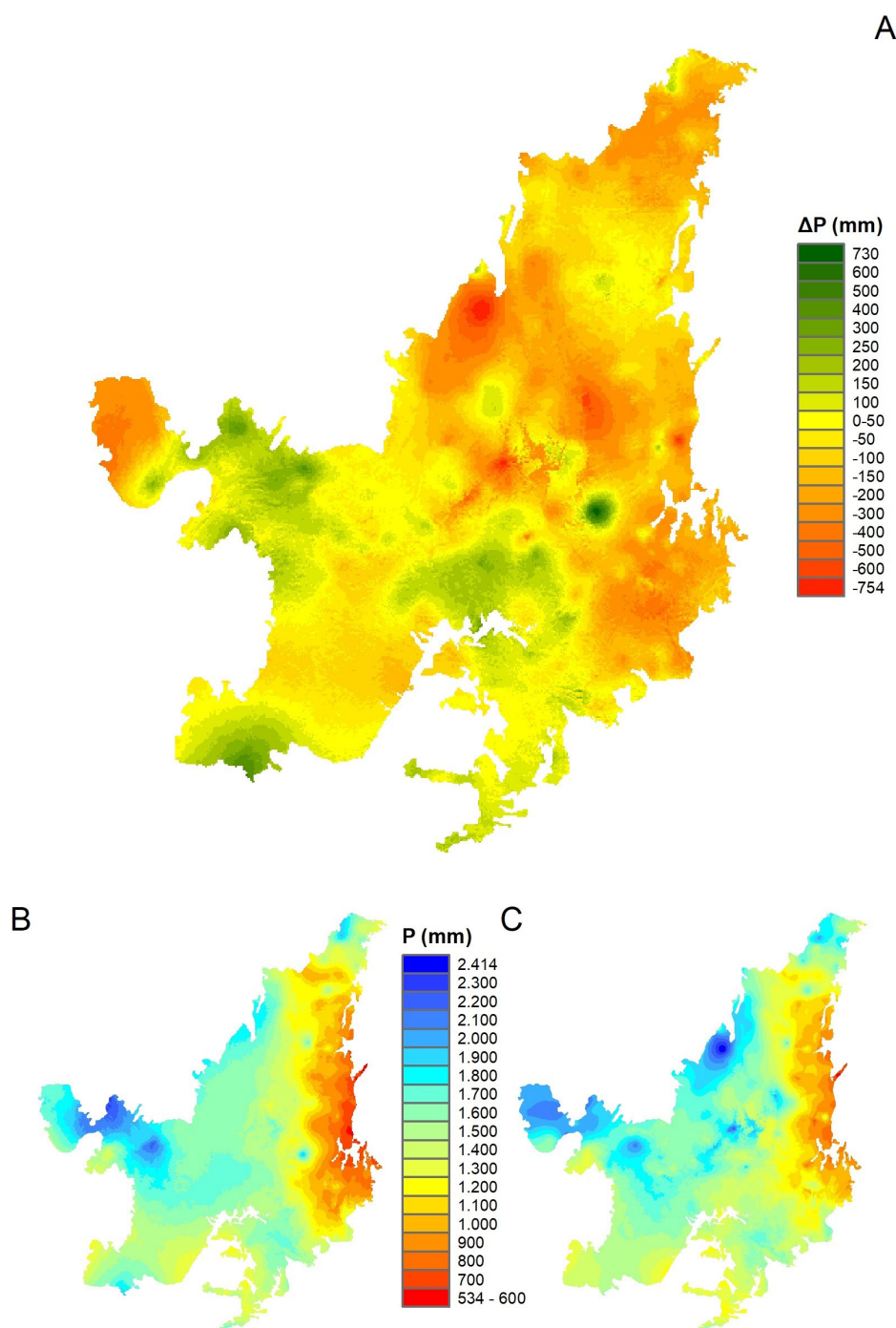


Figura 1 | Variação da precipitação média anual entre os dados históricos e os dados do período de desenvolvimento das espécies/clones amostradas (A); precipitação média anual no período de desenvolvimento das plantações (B); e precipitação média anual histórica (C), na região de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil.

A diminuição na precipitação anual está entre os fatores que podem comprometer a produtividade das plantações, que passam a estar mais sujeitas aos efeitos causados pelo estresse hídrico, assim como a irregularidade das chuvas (XAVIER, 2010). A extensão desses efeitos depende da sua intensidade, da duração e da capacidade genética das plantas em responder às mudanças do ambiente (CHAVES, 1991). Desta forma, apenas com as informações referentes à precipitação média anual, não é possível explicar as variações em produtividade e ocorrências de problemas resultantes de causas abióticas observados nas plantações florestais.

A Figura 2 apresenta as informações relacionadas ao período com menor índice de chuvas, denominado de trimestre mais seco. Assim como ocorreu para a precipitação média anual, é possível observar que houve uma diminuição da precipitação, no trimestre mais seco, no período de desenvolvimento das plantações florestais amostradas, quando comparado aos dados históricos (Figura 2A). A extensão da área com precipitação menor que 15 mm no trimestre mais seco, aumentou consideravelmente no período de desenvolvimento das plantações amostradas Figura 2 (B e C).

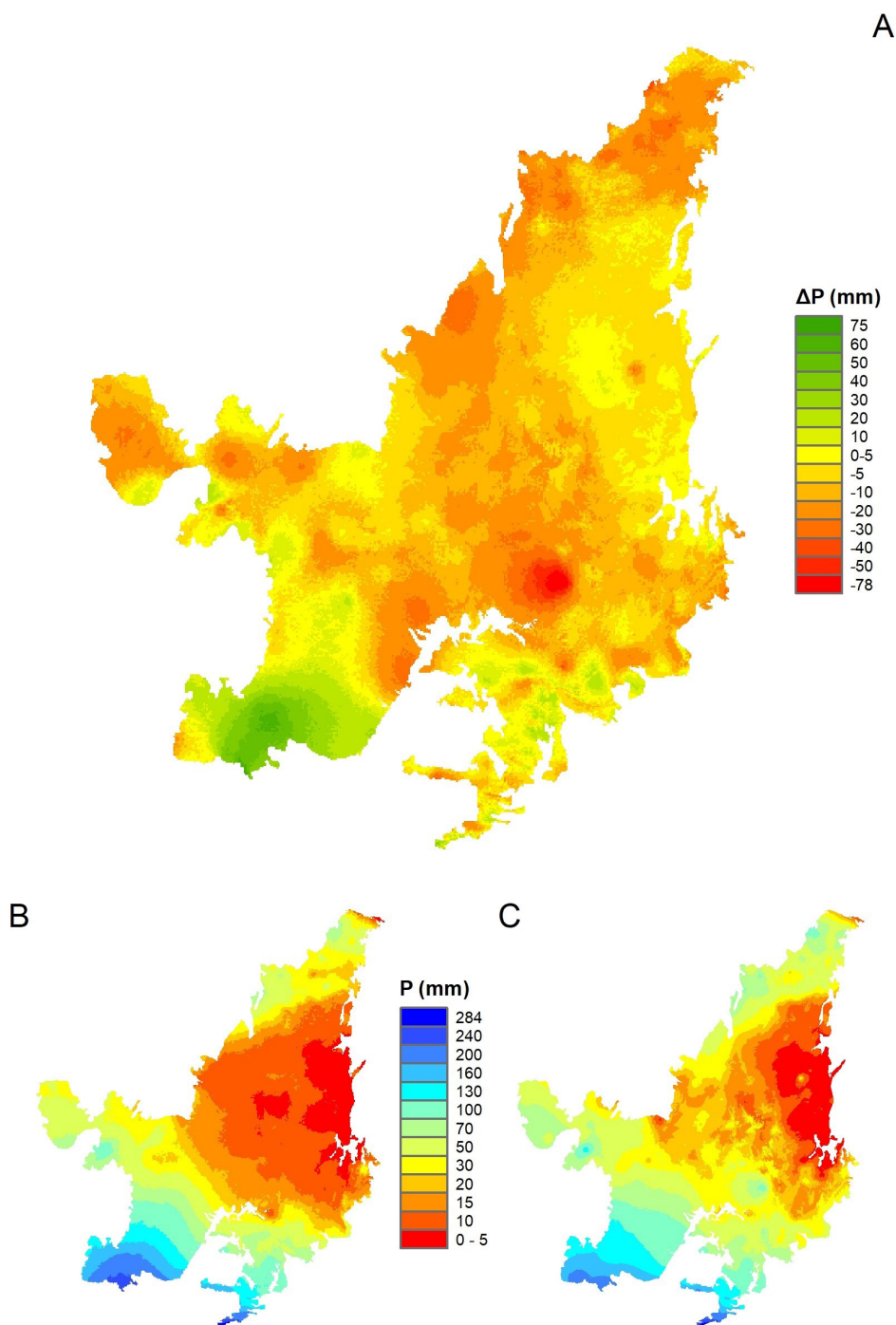


Figura 2 | Variação da precipitação no trimestre mais seco entre os dados históricos e os dados do período de desenvolvimento das espécies/clones amostradas (A); precipitação do trimestre mais seco no período de desenvolvimento das plantações (B); e precipitação histórica do trimestre mais seco (C), na região de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil.

A temperatura é outro fator importante que afeta o desenvolvimento das plantações florestais. A alta temperatura combinada com a baixa precipitação, por exemplo, pode resultar no aumento da transpiração da planta e, em períodos críticos, pode levar a redução da produtividade, aumento da ocorrência de mortalidade e ou de problemas, como bifurcação nas plantas. Além disso, em período de estresse essas plantas acabam sendo mais susceptíveis ao ataque de pragas e de doenças.

As Figuras 3, 4 e 5 ilustram respectivamente os dados de temperatura média anual, temperatura máxima anual e temperatura mínima anual, também comparando o histórico climático com

o período de desenvolvimentos das plantações florestais amostradas.

A temperatura média anual apresentou menores variações, quando comparado aos dados de precipitação. No entanto, algumas áreas tiveram maior aumento na temperatura, durante o período de desenvolvimento das plantações florestais avaliadas (Figura 3A). Na maior parte da área de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil, onde essas plantações se encontram, foi verificado um aumento entre 1°C e 2°C na temperatura média anual. Esta temperatura, que neste local historicamente atingiam 28°C e 29°C (Figura 3C), aumentou no período de cultivo das espécies/clones amostradas (Figura 3B).

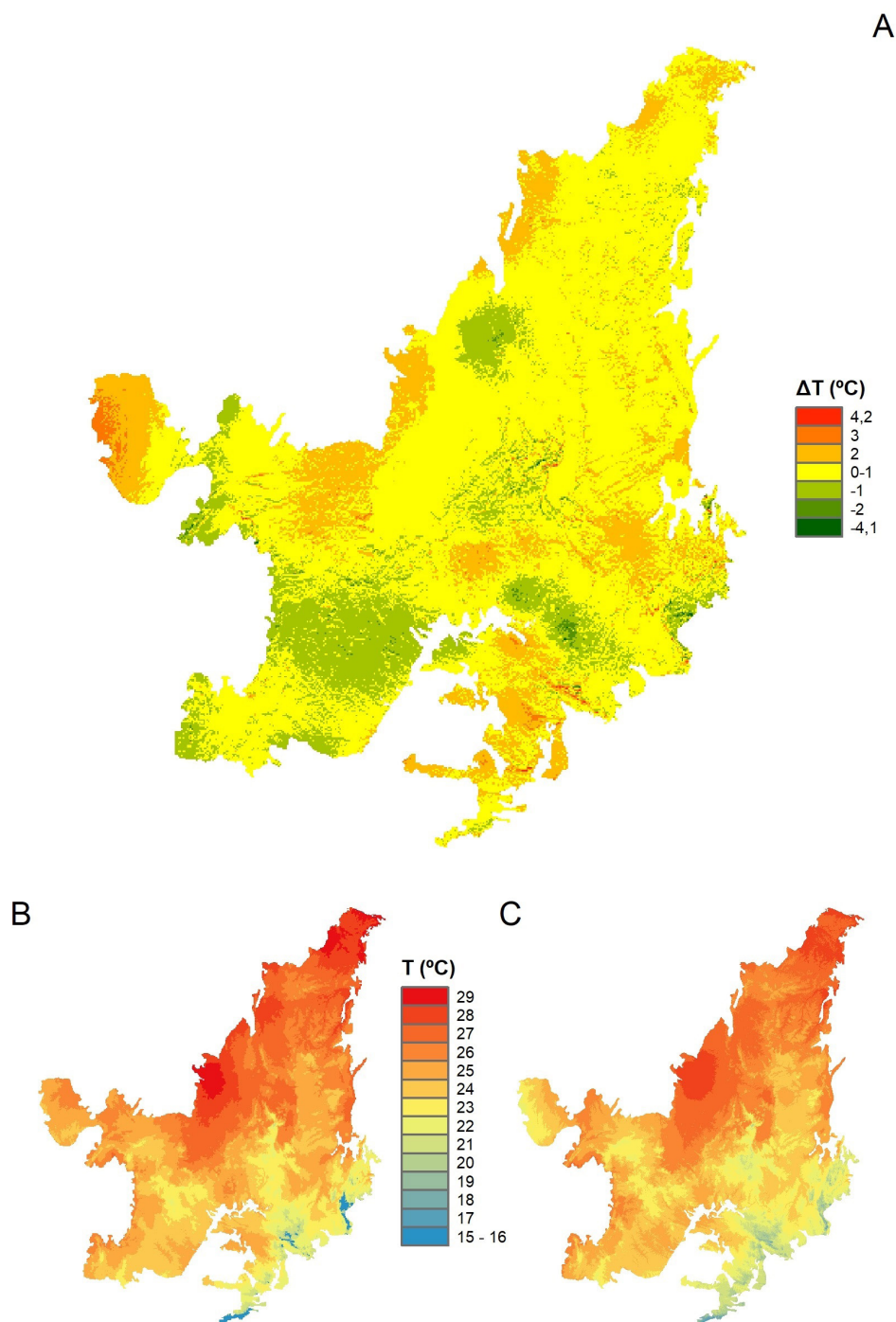


Figura 3 | Variação da temperatura média anual entre os dados históricos e os dados do período de desenvolvimento das espécies/clones amostradas (A); temperatura média anual no período de desenvolvimento das plantações (B); e temperatura média anual histórica (C), na região de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil.



Chama a atenção o aumento da extensão da área em que a temperatura máxima anual superou 36°C (Figura 4B), o que representa um aumento em torno de 2°C e 3°C em relação aos dados históricos (Figura 4C). É importante ressaltar

que, nesse mesmo período, muitas das áreas em que as temperaturas médias e máximas anuais foram superiores aos dados históricos da região, a precipitação média anual foi abaixo da média histórica.

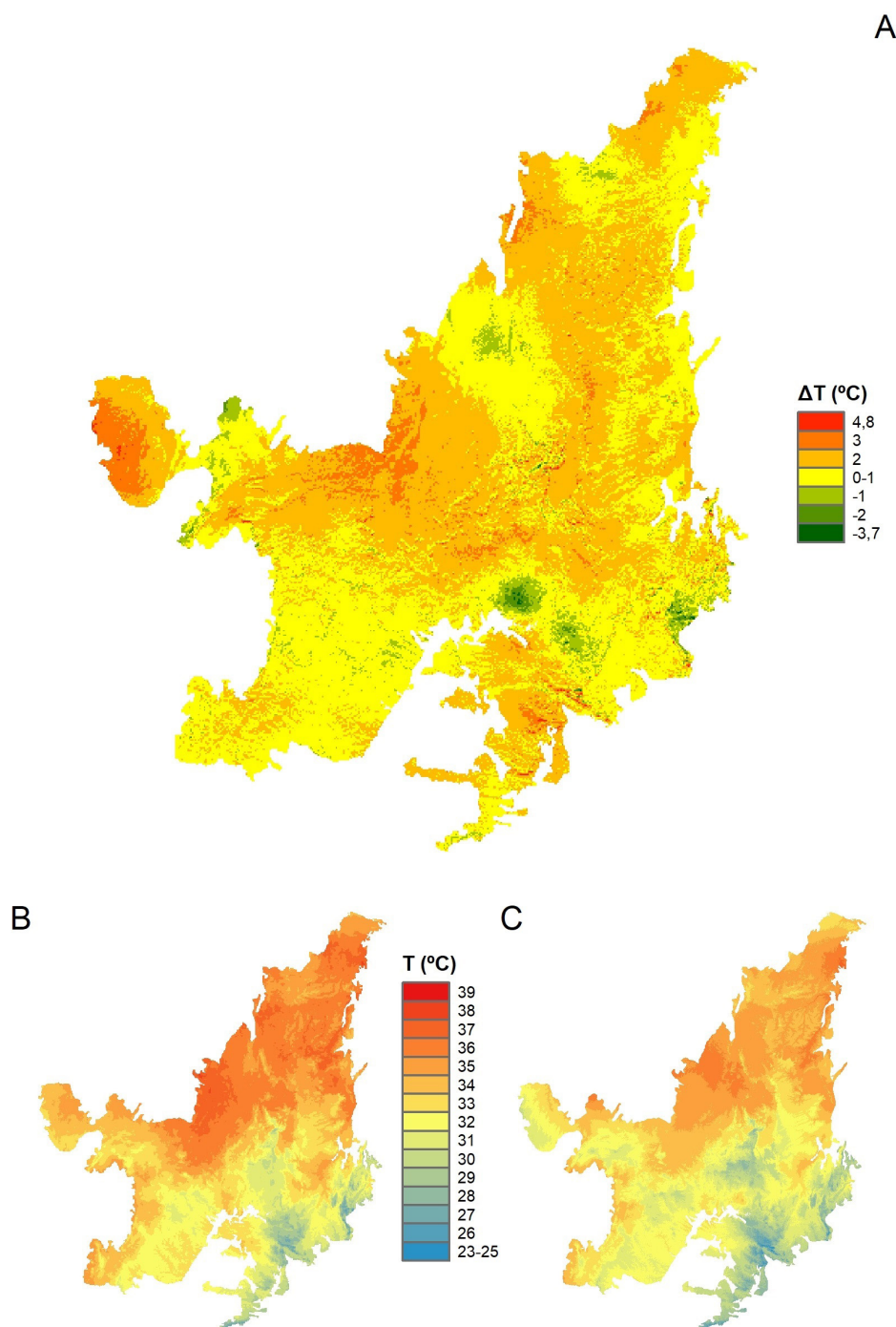


Figura 4 | Variação da temperatura máxima anual entre os dados históricos e os dados do período de desenvolvimento das espécies/clones amostradas (A); temperatura máxima anual no período de desenvolvimento das plantações (B); e temperatura máxima anual histórica (C), na região de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil.

A temperatura mínima, de forma geral, ocorre durante a noite, período em que as plantas não fazem fotossíntese e a taxa de transpiração é baixa. Quando há um aumento da temperatura noturna o metabolismo das plantas tende a acelerar, fazendo com que haja um aumento na transpiração e, neste caso, a maior parte da água transpirada ocorre via transpiração cuticular, ainda que possa eventualmente ocorrer também à transpiração pelos estômatos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Em algumas regiões houve um aumen-

to de 5°C a 9°C na temperatura mínima (Figura 5A). Esse fato pode levar a inadaptação de determinada espécie/clone na área, ou redução de sua produtividade potencial, ou aumento no nível de susceptibilidade das plantas ao ataque de pragas e doenças.

A Figura 5 (C) mostra a grandeza da variação da temperatura mínima na região de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil e, como essa variação foi reduzida no período de desenvolvimento das plantações das espécies/clones amostradas (Figura 5B).

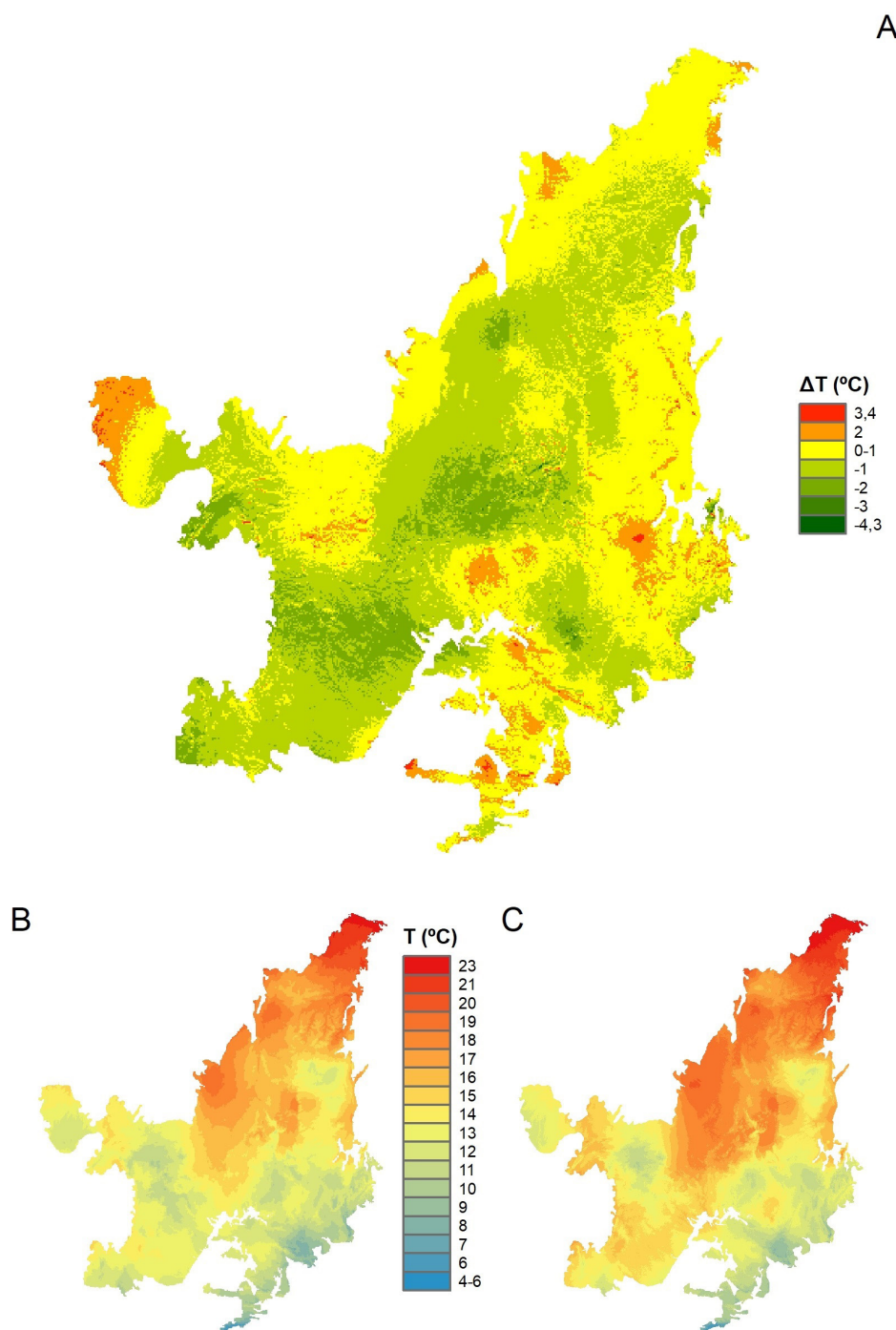


Figura 5 | Variação da temperatura mínima anual entre os dados históricos e os dados do período de desenvolvimento das espécies/clones amostradas (A); temperatura mínima anual no período de desenvolvimento das plantações (B); e temperatura mínima anual histórica (C), na região de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil.

A Figura 6 (A) ilustra as variações da temperatura média no trimestre mais seco do ano, ao longo do período de desenvolvimento das espécies/clones amostradas, comparada aos dados históricos da região de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil. É possível observar que as regiões que apresentaram as maiores variações da temperatura média no trimestre mais

seco coincidem, de certa forma, com as mesmas regiões que apresentaram as maiores variações de temperaturas mínimas anuais (Figura 5A). Esse fato pode indicar que as plantações florestais tenham sido, possivelmente, ainda mais afetadas e, que os efeitos decorrentes da variação do clima podem ter resultado em maior impacto na produtividade.

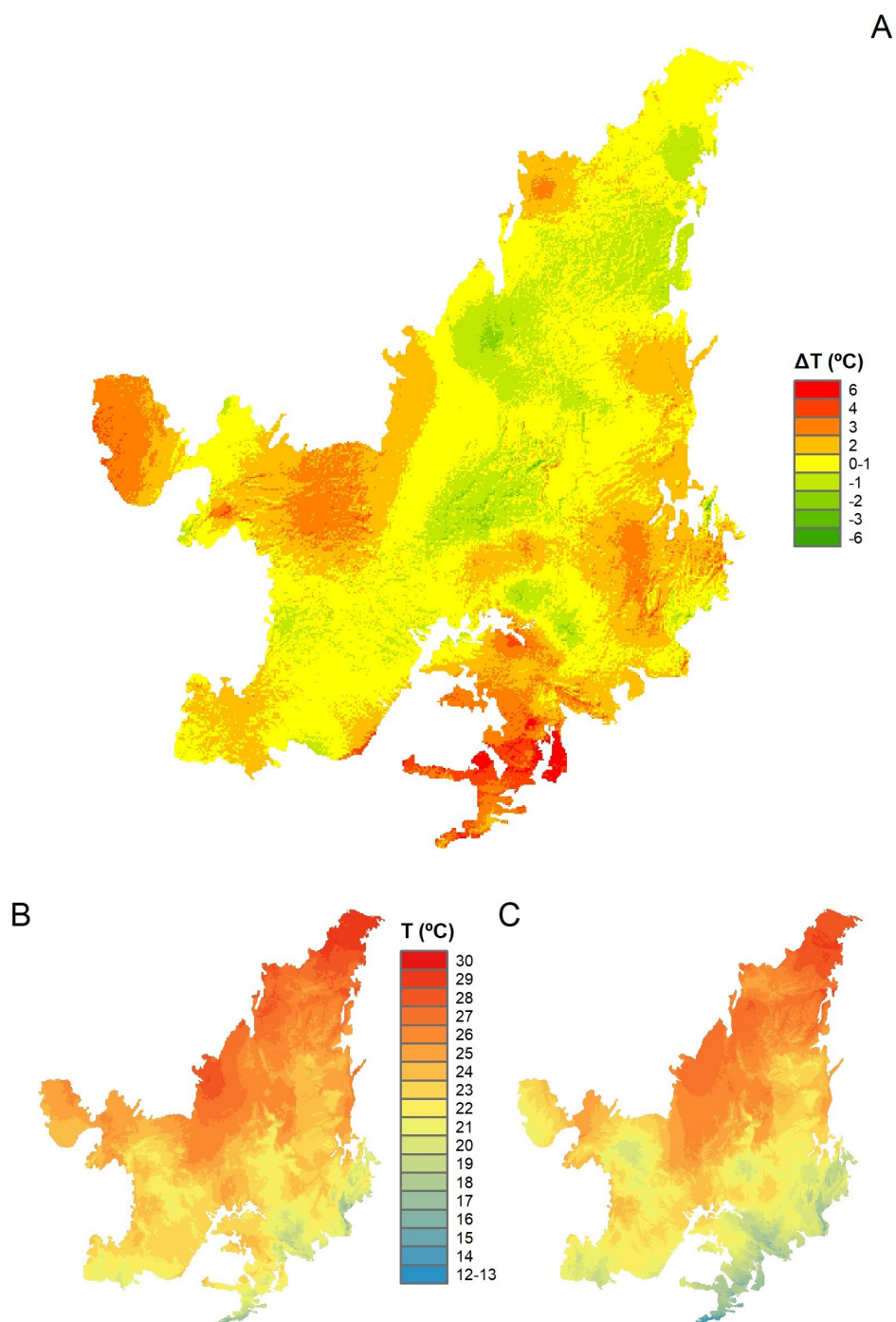


Figura 6 | Variação da temperatura média no trimestre mais seco entre os dados históricos e os dados do período de desenvolvimento das espécies/clones amostradas (A); temperatura média do trimestre mais seco no período de desenvolvimento das plantações (B); e temperatura média histórica do trimestre mais seco (C), na região de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil.

Segundo Taiz e Zeiger (2013) as taxas fotossintéticas mais elevadas são observadas a uma temperatura ótima, ou seja, quando a temperatura ótima para uma determinada planta é ultrapassada ou não atingida, as taxas fotossintéticas decrescem.

Em resumo, os dados climáticos do período de desenvolvimento das espécies/clones amostradas indicaram variações, quando comparadas ao histórico climático da região de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil. De forma geral, observou-se menor índice de chuvas, tanto em sua média anual como no trimestre mais seco. Observou-se, também, um aumento das temperaturas máximas anuais e uma menor variação das temperaturas mínimas anuais, em determinadas regiões. Além disso, as regiões com maiores variações de temperatura mínima anual coincidiram com algumas das regiões com maiores variações de temperatura observadas no trimestre mais seco do ano.

### 3. Influência do clima no planejamento florestal

As plantações florestais no Brasil estão expandindo principalmente em áreas do Bioma Cerrado, onde a topografia é plana, a legislação permite ainda a mudança do uso da terra e, atualmente existem áreas disponíveis a menor custo. No entanto, essas áreas se caracterizam pela sazonalidade no regime de chuvas, e pela baixa fertilidade dos solos. Entretanto, conforme já salientado anteriormente, essas apresentam as vantagens de serem, geralmente, mais planas e que foram anteriormente ocu-

padadas por pastagens, não necessitando serem desmatadas (CARNEIRO FILHO; COSTA, 2016).

O uso dessas áreas, para expansão das plantações florestais, no entanto, deve ser baseado em um planejamento florestal cuidadosamente elaborado, considerando, primeiramente os cinco fatores descritos para a escolha da espécie/clone, conforme descrito no Capítulo 1. Posteriormente deve ser dada a máxima atenção aos aspectos relacionados às seguintes técnicas silviculturais: **a)** definição do espaçamento de plantio, em função das características edafoclimáticas; **b)** realização do plantio na época de maior disponibilidade hídrica ou plantio irrigado, se necessário; **c)** realização de adequada adubação complementar, levando em consideração os períodos secos, que o sistema de cultivo deverá enfrentar ao longo da rotação; e **d)** adoção de medidas de prevenção à incêndios florestais.

**a) A definição do espaçamento de plantio** é de suma importância para que se obtenha o produto desejado no tempo planejado. No entanto, o risco do investimento poderá aumentar, consideravelmente, se não forem considerados as características edafoclimáticas da região na tomada desta decisão, em função dos efeitos causados pelo déficit hídrico no desenvolvimento das plantas. Nem sempre um menor espaçamento entre plantas garante uma maior produtividade da plantação florestal. Isso porque, se não houver água e nutrientes disponíveis no solo nas quantidades demandadas, a competição entre as árvores se intensificará e como conse-

quência, a mortalidade das plantas e a redução da produtividade individual poderá se acentuar. Portanto, a densidade do plantio deve ser pensada considerando a capacidade da área em suprir as demandas por água da planta. Essa recomendação é válida, especialmente em povoamentos em que todos os indivíduos são plantados ao mesmo tempo e em maior densidade por área, como por exemplo, em um sistema de monocultivo. Em áreas com maior déficit hídrico, o sistema iLPF se mostra como uma boa alternativa. Geralmente a integração entre culturas, que ocupam diferentes extratos do dossel e profundidades de solo, apresenta uma tendência de diminuir a competição entre plantas por água e nutrientes, desde que não haja grande adensamento de árvores na linha de cultivo.

- b)** Para evitar os impactos negativos causados pela baixa disponibilidade de água para as plantas, deve ser analisado os dados referentes à distribuição da precipitação ao longo do ano, e assim definir a **época adequada de plantio**, que deve ser preferencialmente no início do período com maior índice de chuvas, uma vez que a presença de água é essencial quando as mudas, ainda jovens, não possuem raízes desenvolvidas para captação de água em maior profundidade. Nessa fase de desenvolvimento, denominado “pegamento”, a adequada disponibilidade de água é essencial para que a planta desenvolva um sistema radicular com boa distribuição em área e profundidade, para buscar não somente a água, mas também os nutrientes disponíveis no solo.

Caso não seja possível efetuar o plantio na época chuvosa, ou quando o mesmo for realizado nesta época mas ocorrer períodos de “veranicos”, é importante realizar irrigações até que se verifique um bom “pegamento” das mudas. No entanto, para que o produtor não seja surpreendido com os custos referentes a operação de irrigação é importante considerar, no planejamento, a necessidade da realização de ao menos uma ou duas irrigações no plantio e após o plantio.

- c)** Nas regiões consideradas tradicionais de cultivos florestais, regiões Sul e Sudeste do Brasil, assim como no Bioma Cerrado, é comum a realização da adubação complementar. As adubações são realizadas, no momento do plantio (adubação de base), até o período que antecede o chamado “fechamento de copa” (1 a 1,5 anos de idade), expressão muito utilizada em cultivos em sistema de monocultura (adubações de cobertura). Mas, conforme descrito no Capítulo 3, são observadas algumas diferenças na demanda nutricional para que se garanta a **adequada adubação complementar**, em plantações florestais localizadas em regiões com ocorrência de déficit hídrico. Nestas regiões deve-se levar em consideração os períodos secos que a plantação deverá enfrentar ao longo da rotação e, desta forma, a necessidade da complementação nutricional com, por exemplo a aplicação de boro (B), nos primeiros anos de desenvolvimento das plantas de algumas espécies/clones, antecedendo períodos secos. O Capítulo 3 abordará este tema com mais detalhes.



d) Em função da longa rotação, a **prevenção a incêndios florestais** é uma necessidade nas plantações florestais e no entorno das mesmas. Mas nas regiões de abrangência do Bioma Cerrado essa recomendação deve ser vista com ainda mais cuidado, devido as características climáticas descritas, que são muito favoráveis a ocorrência de incêndios: altas temperaturas somadas a longos períodos de seca. Para isso é importante incluir no planejamento a construção e manutenção de aceiros nos talhões, bem como retirar o excesso de materiais combustíveis restantes do uso anterior à implantação da plantação florestal; assim como manter o monitoramento da área ao longo do período de desenvolvimento das plantas, especialmente nas épocas mais secas.

#### 4. Considerações finais

Os dados referentes à precipitação e temperatura ao longo do período de desenvolvimento das plantações florestais amostradas, na região de abrangência do Bioma Cerrado no Brasil, demonstram que os cuidados com a seleção de espécies/clones para cultivo devem ser redobrados. Não basta apenas analisar os dados climáticos históricos da região, mas também analisar os dados dos últimos anos e possíveis fontes de informações que indiquem as previsões para os próximos anos, relativos à rotação de cultivo que se pretende implantar na propriedade.

É importante considerar também, ao longo do planejamento de plantio,

os aspectos descritos, que auxiliam na redução dos riscos de perda de produtividade, como por exemplo, o espaçamento de plantio, prevenindo possíveis restrições hídricas. E, conforme foi descrito inicialmente, é importante considerar a finalidade de uso da madeira e de rentabilidade da plantação.

#### Referências Bibliográficas

CARNEIRO FILHO, A.; COSTA, K. **A expansão da soja no Cerrado: Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável**. São Paulo, 30 p. 2016.

CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.42, p.1-6, 1991.

FICK, S.E.; HIJMANS, R.J.. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology** 37 (12): 4302-4315. 2017.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE Climate Change – The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. **Cambridge Univ. Press**, Cambridge. 2007.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; FARIA, T. G. Chuvas no cerrado da região centro-oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. **Revista Ateliê Geográfico**, v.6, n.2, 112-130 p. 2012.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, A.; ALVES, L. M.; MENDIONDO, E. M. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Rev USP**; 106: 31-44. 2015.

SETTE, D. M. Os climas do cerrado do Centro-Oeste. **Revista Brasileira de Climatologia**. Dez., v.1, n. 1, 29-42 p. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 918 p, 2013.

XAVIER, T. M. T. **Efeito da restrição hídrica sobre o crescimento de clones de eucalipto**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) -Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 80p. 2010.